

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR05/000036

International filing date: 07 January 2005 (07.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2004-0018139
Filing date: 17 March 2004 (17.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 August 2005 (03.08.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

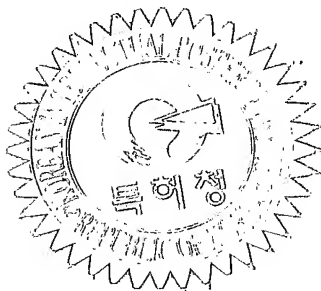
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2004-0018139
Application Number

출원년월일 : 2004년 03월 17일
Date of Application MAR 17, 2004

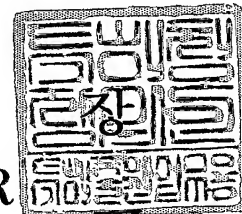
출원인 : (주)옵토웨이
Applicant(s) OPTOWAY INC.



2005 년 07 월 25 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서
 【권리구분】 특허
 【수신처】 특허청장
 【제출일자】 2004.03.17
 【발명의 국문명칭】 무반사 처리된 고효율 발광 다이오드 소자
 【발명의 영문명칭】 ANTI-REFLECTED HIGH EFFICIENCY LIGHT EMITTING DIODE
 DEVICE

【출원인】

【명칭】 (주)옵토웨이
 【출원인코드】 1-2001-038991-6

【대리인】

【성명】 이상용
 【대리인코드】 9-1998-000451-0
 【포괄위임등록번호】 2003-003475-2

【대리인】

【성명】 김상우
 【대리인코드】 9-2000-000210-2
 【포괄위임등록번호】 2003-003481-1

【발명자】

【성명의 국문표기】 최번재
 【성명의 영문표기】 CHOI, Pun-Jae
 【주민등록번호】 730212-1906512
 【우편번호】 305-758
 【주소】 대전광역시 유성구 송강동 송강한솔아파트 203동 1101호
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 박진수

【성명의 영문표기】 PARK, Jin-Soo
【주민등록번호】 741124-1540418
【우편번호】 306-210
【주소】 대전광역시 대덕구 목상동 156-11 한아름 라 101호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김성한
【성명의 영문표기】 KIM, Sung-Han
【주민등록번호】 691003-1120831
【우편번호】 305-503
【주소】 대전광역시 유성구 송강동 한솔아파트 204동 303호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 공명국
【성명의 영문표기】 GONG, Myeong-Kook
【주민등록번호】 631101-1009533
【우편번호】 449-529
【주소】 경기도 용인시 상현동 869번지 LG자이아파트 901-2003
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 조현룡
【성명의 영문표기】 CHO, Hyun-Ryong
【주민등록번호】 650504-1720912
【우편번호】 442-709
【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄1동 매탄주공5단지 523-908
【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

이상용 (인) 대리인

김상우 (인)

【수수료】

【기본출원료】 28 면 38,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 16 항 621,000 원

【합계】 659,000 원

【감면사유】 중소기업

【감면후 수수료】 329,500 원

【첨부서류】

1. 중소기업기본법시행령 제2조에 의한 중소기업에 해당함을
증명하는 서류_2통

【요약서】

【요약】

본 발명은 광적출 효율을 향상시키기 위해 반도체층에 초미세 요철구조를 형성시켜 무반사 처리한 발광 다이오드 소자에 관한 것으로서, 구체적으로는 기판; N형반도체층; 광을 발생시키는 활성층; P형반도체층;을 구비하는 발광 다이오드 소자에 있어서, 상기 활성층 및 상기 P형반도체층을 식각하여 적어도 상기 N형반도체층의 일부를 노출시킨 제1노출면; 상기 제1노출면에 형성된 제1오믹전극; 상기 P형반도체층상에 형성되어 있고, 상기 P형반도체층의 일부가 제2노출면을 갖도록 개구부를 구비한 제2오믹전극;을 포함하고, 상기 제2노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조이다.

【대표도】

도 3

【색인어】

발광, 무반사, 초미세, 요철

【명세서】

【발명의 명칭】

무반사 처리된 고효율 발광 다이오드 소자{ANTI-REFLECTED HIGH EFFICIENCY
LIGHT EMITTING DIODE DEVICE}

【도면의 간단한 설명】

- <1> 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- <2> 도 1은 종래의 발광 다이오드 소자의 단면도.
- <3> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 개략적인 사시도.
- <4> 도 3은 도 2를 S1 방향으로 절개한 단면도.
- <5> 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 단면도.
- <6> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조의 개별요철편의 다양한 예를 나타낸 도면.
- <7> 도 6 내지 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조의 확대사진.
- <8> 도 10a 내지 도 10b는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조를 개략적으로 나타낸 도면.

<9> 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 광출력 특성을 나타낸 그래프.

<10> <도면 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<11> 10 광투과성 기판 A1 제1노출면

<12> 20 N형반도체층 A2 제2노출면

<13> 30 활성층 60 광투과성 전극

<14> 40 P형반도체층 70 와이어 본딩용 메탈 패드

<15> 50a 제1오믹전극 80 공기

<16> 50b 제2오믹전극

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<17> 본 발명은 발광 다이오드 소자에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 광적출 효율을 향상시키기 위해 반도체층에 초미세 요철구조를 형성시켜 무반사 처리한 발광 다이오드 소자에 관한 것이다.

<18> 발광 다이오드(Light Emitting diode : 이하, 'LED'라 칭함)는 전기 에너지를 빛으로 변환시키는 고체 소자의 일종으로서, 일반적으로 2개의 상반된 도핑 반도체층(N형, P형) 사이에 개재된 반도체 재료의 활성층을 포함한다. 2 개의 도핑 반

도체층 양단에 바이어스가 인가되면, 정공과 전자가 활성층으로 주입된 후 그곳에서 발광성 재결합되어 빛이 발생된다. 활성 영역에서 발생한 빛은 모든 방향으로 방출되고 그 중 일부가 외부로 노출된 표면을 통해 반도체 칩 밖으로 탈출하게 된다.

<19>

최근, 반도체 재료가 개선됨에 따라 반도체 소자의 효율 또한 향상되고 있다. 새로운 LED는 자외선에서 녹색까지의 스펙트럼에서 효율적인 조도를 허용하는 질화갈륨(GaN)계 재료로 만들어지고 있다. LED가 개선됨에 따라, 교통 신호기, 옥외 및 옥내 디스플레이, 자동차 전조등 및 미등, 종래의 옥내 조명 장치 등 많은 응용 분야에서 종래의 발광체를 대체할 것으로 예상되고 있다. 그러나, 종래의 LED는 활성층에서 발생하는 빛을 모두 방출할 수 없어 그 효율이 제한된다.

<20>

도 1은 종래의 메쉬형상의 오믹전극을 구비한 발광 다이오드 소자의 단면도이다. 기판(10)위에 N형반도체층(20), 활성층(30), P형반도체층(40)을 순차적으로 적층한 뒤 메쉬형상의 오믹전극(50b)을 형성시킨다. 여기서, 메쉬 형상이란 P형반도체층(40)의 적어도 일부가 노출되도록 개구부를 갖는 구조이다. 만약, P형반도체층(40)층에 개구부를 구비한 오믹전극(50b)을 형성시키지 않고 투과성 전극(TP metal: transparence metal)을 형성하게 되면, LED가 구동되어 활성층(30)에서 발생한 빛은 그 일부가 P형반도체(40)층과 투과성 전극에서 반사된다. 그 일부가 투과성 전극을 투과하더라도 활성층(30)에서 발생한 빛은 400nm정도 파장의 가시광선 영역의 빛이기 때문에 수~수십nm 정도의 얇은 두께의 투과성 전극에서는 경계조건(boundary condition)이 만족되지 않아 광손실이 발생하게 된다. 따라서, 개구부를

가지는 오믹전극(50b)을 적용하게 되면, 빛이 상기 개구부에서 직접 대기 또는 에폭시로 투과하여 외부로 방출되기 때문에 광손실이 줄어드는 장점이 있다.

<21>

상기 오믹전극(50b)을 구비하는 LED는 위와 같은 장점을 가지는 한편, 다음과 같은 문제점을 가진다. 전형적인 반도체 재료의 굴절률은 약 2.2~3.8이기 때문에 대기($n = 1.0$) 또는 인캡슐레이팅 에폭시($n \approx 1.5$)에 비해 높은 값을 가진다. 스넬(Snell)의 법칙에 따르면, 굴절률이 높은 영역에서 일정한 임계 각도보다 큰 각도(법선방향기준)로 굴절률이 낮은 영역으로 진행하는 빛은 외부로 투과하지 않고 내부로 100% 반사 즉, 내부전반사(Total Internal Reflection : TIR)하게 된다. 따라서, 활성층(30)으로부터 나온 빛의 일부는 P형반도체층(40)이 대기 또는 에폭시와 접촉하는 면에서 투과하지 못하고 내부로 전반사하는 데 이 빛은 흡수될 때까지 LED내에서 계속 반사되거나, 방출 표면이 아닌 표면 밖으로 탈출할 수 있다. 그렇기 때문에, 메쉬형상의 오믹전극을 구비한 발광 다이오드 소자에서도 광적출 효율(light extraction efficiency)이 저하되는 문제점이 생긴다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22>

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 초미세 요철구조가 적용된 반도체층에서 빛이 반사되지 않고 외부로 방출됨에 따라 광적출 효율이 향상된 발광 다이오드 소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성】

<23>

상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 태양에 따른 발광 다이오드

소자는 기판; N형반도체층; 광을 발생시키는 활성층; P형반도체층;을 구비하는 발광 다이오드 소자에 있어서, 상기 활성층 및 상기 P형반도체층을 식각하여 적어도 상기 N형반도체층의 일부를 노출시킨 제1노출면; 상기 제1노출면에 형성된 제1오믹전극; 상기 P형반도체층상에 형성되어 있고, 상기 P형반도체층의 일부가 제2노출면을 갖도록 개구부를 구비한 제2오믹전극;을 포함하고, 상기 제2노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조이다.

<24> 바람직하게는, 상기 제1오믹전극의 형성면을 제외한 제1노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조이다.

<25> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 태양에 따른 발광 다이오드 소자는 기판; N형반도체층; 광을 발생시키는 활성층; P형반도체층; 투과성 전극; 와이어 본딩용 메탈 패드;를 구비하는 발광 다이오드 소자에 있어서, 상기 활성층 및 상기 P형반도체층을 식각하여 적어도 상기 N형반도체층의 일부를 노출시킨 제1노출면; 상기 제1노출면에 형성된 제1오믹전극;을 구비하고, 상기 제1오믹전극의 형성면을 제외한 제1노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조이다.

<26> 본 발명에 있어서, 상기 P형반도체층은 마그네슘(Mg)이 도핑된 질화갈륨(GaN)이고, 상기 N형반도체층은 실리콘(Si)이 도핑된 질화갈륨(GaN)이고, 상기 활성층은 질화갈륨(GaN)일 수 있다.

<27> 본 발명에 있어서, 상기 초미세 요철구조는 기동형 요철편의 집합체인 것이 바람직하다.

<28> 본 발명에 있어서, 상기 기동형 요철편은 실질적인 원뿔형, 실질적인 원기둥

형 또는 기둥 상단의 일부가 함몰된 실질적인 기둥형일 수 있다.

<29> 본 발명에 있어서, 상기 기둥형 요철편의 폭이 바람직하게는 $0.005 \sim 3 \mu\text{m}$, 보다 바람직하게는 $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 이고, 상기 기둥형 요철편의 높이가 바람직하게는 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$, 보다 바람직하게는 $0.2 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 이다.

<30> 본 발명에 있어서, 상기 기둥형 요철편의 폭이 바람직하게는 발광 다이오드의 주 방출파장의 $0.01 \sim 2$ 배, 보다 바람직하게는 $0.1 \sim 1$ 배이고, 상기 기둥형 요철편의 높이가 바람직하게는 발광 다이오드의 주 방출파장의 $0.5 \sim 10$ 배, 보다 바람직하게는 $1 \sim 3$ 배이다.

<31> 본 발명에 있어서, 상기 기둥형 요철편의 개수밀도가 바람직하게는 $1 \sim 10000$ 개/ μm^2 , 보다 바람직하게는 $50 \sim 500$ 개/ μm^2 이다.

<32> 상기와 같은 본 발명의 발광 다이오드 소자에 따르면, 광적출 효율을 향상시킬 수 있다.

<33> 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은

아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

<34>

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 개략적인 사시도이고, 도 3은 도 2를 S1 방향으로 절개한 단면도이다.

<35>

도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예를 구현하기 위해, 먼저 소정의 기판(10)상에 에피택시얼 공정을 적용하여 N형반도체층(20), 활성층(30), P형반도체층(40)을 형성시킨다. 기판(10)은 광투과성인 사파이어 기판이 사용될 수 있다. N형반도체층(20)은 실리콘(Si)이 도핑된 질화갈륨(GaN: gallium nitride)으로 형성하고, P형반도체층(40)은 마그네슘(Mg)이 도핑된 질화갈륨(GaN)으로 형성하는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 활성층(30)은 질화갈륨(GaN), 질화갈륨 알루미늄 (AlGaN), 질화갈륨인듐(InGaN)이 주로 사용되며, 빛의 종류에 따라 알루미늄(Al)과 인듐(In)의 양을 조절할 수 있다.

<36>

이어서, N형반도체층(20)을 노출시키기 위해서 활성층(30)과 P형반도체층(40)의 일부를 포토 리소그래피(photo lithography) 공정을 적용하여 식각한다. 그러면, N형반도체층(20)에 제1노출면(A1)이 형성된다. 바람직하게는, 활성층(30)과 P형반도체층(40)의 테두리를 식각하여 N형반도체층(20)의 바깥둘레에 제1노출면(A1)이 형성되도록 한다. 그리고, 상기 N형반도체층(20)상의 한쪽 모퉁이에 제1오믹전극(50a)을 형성시키기 위해 제1노출면(A1)의 한쪽 모퉁이는 대략 직사각형모양의 면을 가지도록 활성층(30) 및 P형반도체층(40)을 식각한다.

<37>

그런 다음, 제1오믹전극(50a)이 위치한 영역을 제외한 제1노출면(A1) 및 제2

노출면(A2)에 초미세 요철구조를 형성시킨다. 여기서, 초미세 요철구조를 형성시키는 이유는 활성층에(30)에서 발생하는 광자들을 제1노출면(A1)과 제2노출면(A2)에서 반사없이 외부로 방출시키기 위함인데, 초미세 요철구조 및 그 형성방법에 대한 상세한 설명은 도 5 내지 도 9를 참조하여 후술하고자 한다. 상기 제2노출면(A2)은 제2오믹전극(50b)의 형성되는 영역을 제외한 P형반도체층(40)의 노출 영역으로서, 제2오믹전극(50b)의 개구부를 통해서 외부에 노출되는 면을 포함한다.

<38> N형 및 P형반도체층에 초미세 요철구조를 형성시킨 다음, 포토 리소그래피 공정을 통하여 제1노출면(A1)의 한쪽 구석에 제1오믹전극(50a)을 형성하고, P형반도체층(40)상에 제2오믹전극(50b)을 형성시킨다.

<39> 위와 같이, 제1오믹전극(50a)과 제2오믹전극(50b)의 밑면은 초미세 요철구조가 형성되지 않기 때문에 여전히 매끄러운 표면을 유지하게 된다. 오믹전극(50a, 50b)의 재료로서 Ti, Al, Au, Ni, Pt, Pd, Ag, Rh 또는 이들의 혼합물로 형성할 수 있지만, Al, Pt, Cr와 같은 백색금속을 사용하면 상기 밑면의 반사율을 높일 수 있다.

<40> 이상은 오믹전극(50a, 50b)를 형성하기 전에 오믹전극(50a, 50b)이 형성될 부분을 제외한 N형반도체층(20) 및 P형반도체층(40)의 윗면에 초미세 요철 구조를 형성시키는 방법에 대한 설명이다. 그러나, 먼저 오믹전극(50a, 50b)을 형성한 다음, 오믹전극(50a, 50b)이 형성된 부분을 제외한 N형반도체층(20) 및 P형반도체층(40)의 윗면에 초미세 요철 구조를 형성시킬 수도 있는데, 이 경우 오믹전극이 스스로 정렬기(aligner) 역할을 하게 된다.

<41>

본 실시예에 따르면, 활성층(30)에서 생성된 빛이 상기 제1오믹전극(50a)을 형성할 면을 제외한 제1노출면(A1) 및 제2노출면(A2)에 형성된 초미세 요철구조에 의해 빛이 다시 내부로 반사하지 않고 외부로 방출되기 때문에, 발광 다이오드의 광적출 효율에 기여한다.

<42>

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 단면도이다. 도 4에 나타낸 발광 다이오드 소자를 도 3에 나타낸 발광 다이오드 소자와 비교해보면, P형반도체층(40)상에는 초미세 요철구조가 형성되어 있지 않고, 제2오믹전극 대신 광투과성 전극(60) 및 와이어본딩을 위한 메탈 패드(70)를 형성시킨 형태이다. 그리고, 도 3에 나타낸 소자와 같이 N형반도체층(20)의 오믹전극(50a)의 형성면 이외의 제1노출면(A1)에 초미세 요철구조가 형성되어 있다.

<43>

본 실시예에 따르면 P형반도체층(40)으로 입계각보다 큰 각으로 입사한 빛은 광투과성 전극(60)에서 내부로 전반사하지만, 이 빛 중 내부에서 다시 반사하여 N형반도체층(20)으로 입사한 빛은 제1노출면(A1)에서 무반사하여 외부로 방출된다.

<44>

즉, 본 실시예의 경우도 도 3에 나타난 실시예와 마찬가지로 제1오믹전극(50a) 밑면은 매끄러운 형상을 가지므로, 이 밑면에 입사한 빛은 내부로 반사하였다가 다시 외부로 방출되어 광적출 효율에 기여한다.

<45>

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조의 개별요철편의 다양한 예를 나타낸 도면이다.

<46>

초미세 요철구조라 함은, 수 Å ~ 수 nm정도 크기의 기둥형태의 요철편들의

집합체를 말한다. 개별 요철편들은 각각의 크기와 모양이 제각각일 수 있다. 개별 요철편의 폭(w)은 약 $0.005 \sim 3 \mu\text{m}$, 바람직하게는 $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 이고, 상기 기둥형 요철편의 높이(h)는 약 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$, 바람직하게는 $0.2 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 이다.

<47> 여기서, 요철편의 크기(폭 또는 높이)는 발광 다이오드 소자에서 발생하는 주 방출파장(λ_p : peak wavelength)과 비슷한 정도의 크기인데, 요철편의 폭(w)은 발광 다이오드의 주 방출파장(λ_p)의 약 $0.01 \sim 2$ 배, 바람직하게는 $0.1 \sim 1$ 배이고, 요철편의 높이(h)는 발광 다이오드의 주 방출파장(λ_p)의 약 $0.5 \sim 10$ 배, 바람직하게는 $1 \sim 3$ 배정도가 된다.

<48> 개별 요철편의 모양은 도 5에 개시된 바와 같이 다양한 형태로 나타나는 데, 대체적으로 반도체층(20, 40) 바닥면으로부터 돌출되어 있는 기둥형태이다. 구체적으로, 원뿔 또는 원기둥과 유사할 수도 있고, 상단 부분의 일부가 함몰된 형태일 수도 있는데, 여기서 함몰된 부분에는 다시 상기 요철편의 크기보다 훨씬 작은 수 개~수만개의 요철편의 집합이 존재할 수도 있다.

<49> 도 6 내지 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조의 확대사진들이다. 도 6은 고밀도의 초미세 요철구조이고, 도 7은 저밀도, 도 8은 굽은 모양, 도 9는 가는 모양의 초미세 요철구조이다.

<50> 여기서 밀도라 함은, 단위면적당 요철편의 개수[개/ μm^2]를 말하는 것이고, 고밀도라 함은, 요철편의 폭(w)에 비해 개수 밀도가 높아 빈틈없이 형성된 것을 말한다. 요철편의 개수밀도는 약 $1 \sim 10000$ 개/ μm^2 , 바람직하게는 $50 \sim 500$ 개/ μm^2

이다.

<51> 여기서 굽은 모양이라고 함은, 요철편의 폭(w)에 비해 높이(h)가 적은 경우를 일컫는 상대적 개념이고, 절대적인 폭(w)이 큰 경우와는 구별된다.

<52> 위와 같은 초미세 요철구조를 반도체층(20,40)에 형성시키는 방법에는 여러 가지가 있는데, 금속류(Ag, Al, Au, Cr, In, Ir, Ni, Pd, Pb, Pt, Rd, Sn, Ti, W 또는 이를 조합한 금속)를 N형반도체층(20)의 제1노출면(A1)과 P형반도체층(40)에 도포하여 고온에서 열처리함으로써 금속 덩어리(Metal cluster)를 형성한다. 그런 다음, 포토 리소그래피 공정을 통하여 제1노출면(A1) 중 제1오믹전극(50a)이 형성된 부분 및 P형반도체층(40) 중 제2오믹전극(50b)이 형성되는 부분에 있는 금속 덩어리를 제거한 후, 남아있는 금속 덩어리를 이용하여 건식 또는 습식 식각하여 제1오믹전극(50a)의 형성면을 제외한 제1노출면(A1) 및 제2노출면(A2)에 초미세 요철구조를 형성시킬 수 있다.

<53> 또는, 규소혼합물(SiO_2 , Si_3N_4)을 다공성(porous) 성장 등의 방법으로 표면을 거칠게 성장시킨 후, 역시 포토 리소그래피 방법으로 제1오믹전극(50a)이 형성될 부분을 제외한 제1노출면(A1)과 제2노출면(A2)을 ICP, RIE 등의 방법으로 식각하는 방법도 있다.

<54> 또한, 규소혼합물(SiO_2 , Si_3N_4)을 성장하고, 금속류(Ag, Al, Au, Cr, In, Ir, Ni, Pd, Pb, Pt, Rd, Sn, Ti, W 또는 이를 조합한 금속)를 도포하여 고온에서 열처리함으로써 금속 덩어리(Metal cluster)를 형성한 후, 이 금속 덩어리를 이용하여

역시 포토 리소그래피 공정을 통하여 제1오믹전극(50a)이 형성될 부분을 제외한 제1노출면(A1)과 제2노출면(A2)을 선택적으로 식각(Wet 및 Dry)할 수도 있다.

<55> 위와 같은 방법으로 반도체층(20,40)에 초미체 요철구조를 형성시키는 실시예는 다음과 같다.

<56> <실시예 1> 고밀도 가는 모양

<57> 요철편 모양: 가는 모양 (폭(w):약0.01~0.03 μm / 높이(h):약0.5 μm)

<58> 개수 밀도 : 약 40~70개/ μm^2

<59> 금속: Ni, Au(20Å~50Å)를 사용(또는 In, Au, Ni 혼합물을 사용)

<60> 열처리: 550°C ~ 650°C, 60sec ~ 120sec

<61> 건식식각: ICP 처리 300sec 사용

<62> <실시예 2> 고밀도 굵은 모양

<63> 요철편 모양: 굵은 모양 (폭(w):약0.08~0.15 μm / 높이(h):약0.5 μm)

<64> 개수 밀도 : 약 40~70개/ μm^2

<65> 금속: Ni, Au(50Å~100Å)를 사용(또는 In, Au, Ni 혼합물을 사용)

<66> 열처리: 550°C ~ 650°C, 60sec ~ 120sec

<67> 건식식각: ICP 처리 300sec 사용

<68> <실시예 3> 저밀도 가는 모양

<69> 요철편 모양: 가는 모양 (폭(w):약0.01~0.03 μm / 높이(h):약0.5 μm)

<70> 개수 밀도 : 약 4~8개/ μm^2

<71> 금속: Ni, Au(20Å~50Å)를 사용(또는 In, Au, Ni 혼합물을 사용)

<72> 열처리: 500°C ~ 600°C, 20sec ~ 30sec

<73> 건식식각: ICP 처리 300sec 사용

<74> <실시예 4> 고밀도 굵고 높이가 낮은 모양

<75> 요철편 모양: 굵은 모양 (폭(w):약0.08~0.15 μm / 높이(h):약0.3 μm)

<76> 개수 밀도 : 약 40~70개/ μm^2

<77> 금속: Ni, Au(50Å~100Å)를 사용(또는 In, Au, Ni 혼합물을 사용)

<78> 열처리: 550°C ~ 650°C, 60sec ~ 120sec

<79> 건식식각: ICP 처리 200sec 사용

<80> 도 10a 내지 10b는 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드에 형성된 초미세 요철구조를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 10a를 참조하면, 반도체층(20, 40)상에 초미세 요철구조가 형성되어 있고 이 표면이 공기(80)와 접촉되어 있는데. 반도체층(N2), 초미세 요철구조층(Ng), 공기층(N1)으로 나누어 볼 수 있다. 여기서 공기(80) 대신 에폭시 수지(80)와 접촉되어 있을 수도 있다.

<81>

상술한 바와 같이 초미세 요철구조를 이루는 개별 요철편의 대략적인 폭(w)은 약 $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 이고, 요철편의 높이(h)는 약 $0.2 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 인데, 이는 주 방출파장(λ_p : peak wavelength)의 $0.1 \sim 1$ 배정도 되는 수준이다.

<82>

위와 같이 초미세 요철구조를 이루는 요철편의 크기(w, h)를 활성층에서 생성되는 광자의 파장과 유사한 크기로 제작하면, 상기 파장을 가진 빛에 대해서는 초미세 요철구조층(N_g)의 굴절률(n_{eff})은 반도체층(N_2)의 굴절률(n_2)에서 공기층(N_2)의 굴절률(n_1)로 선형적으로 변화한다. 반도체층(N_2), 초미세 요철구조층(N_g), 공기층(N_1)은 개념적으로 도 10b와 같이 나타낼 수 있다.

<83>

위와 같이 도면의 화살표 방향(Z)을 따라 굴절률이 선형적으로 변화하기 때문에 굴절률의 불연속면 즉, 경계면이 존재하지 않게 된다. 경계면이 존재하지 않기 때문에 경계면에 있어서의 내부전반사(Total Internal Reflection : TIR)의 현상 또한 나타나지 않게 된다. 결과적으로 초미세 요철구조층(N_g)에서는 반사가 일어나지 않기 때문에 상기 초미세 요철구조층(N_g)은 무반사 층(Anti-Reflection Layer)의 역할을 하게 되는 것이다.

<84>

이와 관련하여, 매질면에 빛의 파장보다 작은 구조물이 있는 경우의 광특성에 대한 이론적인 설명은 "The optical properties of artificial media structured at a subwavelength scale" {62-71p "Encyclopedia of Optical Engineering" 2003)에 개시되어 있으므로, 구체적인 설명은 생략하고자 한다.

<85>

위와 같이 반도체층(20, 40) 표면이 무반사 처리됨으로써 활성층에서 발생한

빛은 상기 반도체층(20, 40)에서 모두 외부로 방출되어 광적출 효율이 상승된다.

<86> 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 광출력 특성을 나타낸 그래프이다. 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 광출력을 측정한 결과, 도 11에 나타난 바와 같이 종래의 발광 다이오드에 비해 훨씬 높은 출력이 측정되었다.

<87> 상술한 다양한 실시예에 따라 출력값이 다양하게 나타날 수 있는데, 초미세 요철편의 높이(h)가 클수록, 고밀도일수록 무반사효과가 다소 높게 나타날 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 않는다.

<88> 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

【발명의 효과】

<89> 본 발명의 일 측면에 따르면, 활성층에서 발생한 빛이 초미세 요철 구조층에서 반사되지 않고 외부로 방출됨에 따라 광적출 효율이 상승되는 효과가 있다.

<90> 본 발명의 다른 측면에 따르면, 개구부를 구비한 메쉬형상의 오믹콘택을 채용함에 따라 전류의 공급이 원활하기 때문에 광발생효율을 높이는 효과가 있다.

<91> 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 광적출 및 광발생 효율이 상승하게 됨에 따라 고효도의 발광 다이오드 제작이 가능해진다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

기판; N형반도체층; 광을 발생시키는 활성층; P형반도체층;을 구비하는 발광 다이오드 소자에 있어서,

상기 활성층 및 상기 P형반도체층을 식각하여 적어도 상기 N형반도체층의 일부를 노출시킨 제1노출면;

상기 제1노출면에 형성된 제1오믹전극;

상기 P형반도체층상에 형성되어 있고, 상기 P형반도체층의 일부가 제2노출면을 갖도록 개구부를 구비한 제2오믹전극;을 포함하고,

상기 제2노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 제1오믹전극의 형성면을 제외한 제1노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 3】

기판; N형반도체층; 광을 발생시키는 활성층; P형반도체층; 투과성 전극; 와이어 본딩용 메탈 패드;를 구비하는 발광 다이오드 소자에 있어서,

상기 활성층 및 상기 P형반도체층을 식각하여 적어도 상기 N형반도체층의 일

부를 노출시킨 제1노출면;

상기 제1노출면에 형성된 제1오믹전극;을 구비하고

상기 제1오믹전극의 형성면을 제외한 제1노출면의 적어도 일부가 초미세 요철구조인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 4】

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 P형반도체층은 마그네슘(Mg)이 도핑된 질화갈륨(GaN)이고, 상기 N형반도체층은 실리콘(Si)이 도핑된 질화갈륨(GaN)이고, 상기 활성층은 질화갈륨(GaN)인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 5】

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초미세 요철구조는 기둥형 요철편의 집합체임을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,

상기 기둥형 요철편은 실질적인 원뿔형, 실질적인 원기둥형 또는 기둥 상단의 일부가 함몰된 실질적인 기둥형인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 7】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 폭이 $0.005 \sim 3 \mu\text{m}$ 이고, 높이가 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 8】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 폭이 $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 이고, 높이가 $0.2 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 9】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 폭이 발광 다이오드의 주 방출파장의 $0.01 \sim 2$ 배이고, 높이가 발광 다이오드의 주 방출파장의 $0.5 \sim 10$ 배인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 10】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 폭이 발광 다이오드의 주 방출파장의 $0.1 \sim 1$ 배이고, 높이가 발광 다이오드의 주 방출파장의 $1 \sim 3$ 배인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 11】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 개수밀도가 $1 \sim 10000$ 개/ μm^2 인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 12】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편의 개수밀도가 $50 \sim 500$ 개/ μm^2 인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 13】

제 5 항에 있어서,

상기 기동형 요철편은 금속류 또는 규소 혼합물을 반도체층에 도포하여 고온에서 열처리 한 후, 건식 또는 습식 식각하는 것에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 14】

제 13 항에 있어서,

상기 금속류가 Ag, Al, Au, Cr, In, Ni, Pd, Pt, Ti로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 어느 하나 또는 이들의 조합인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【청구항 15】

제 13 항에 있어서,

상기 열처리 온도가 90℃ 내지 400℃인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

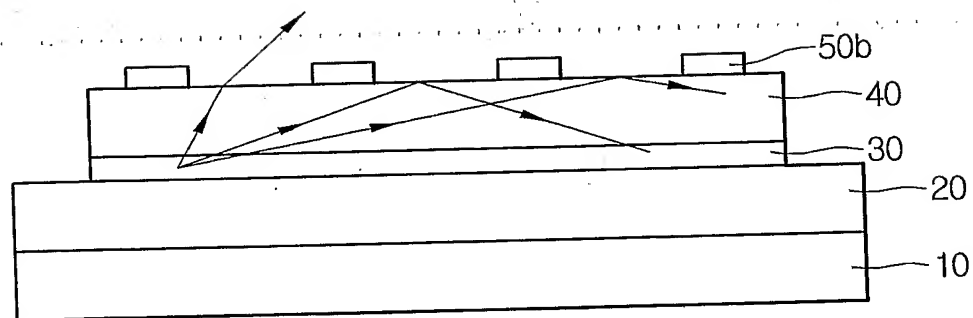
【청구항 16】

제 15 항에 있어서,

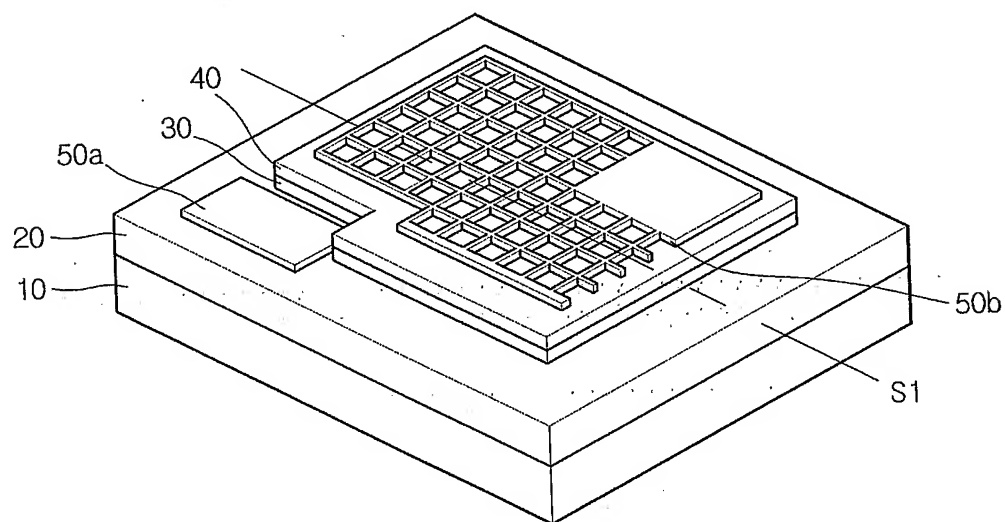
상기 기동형 요철편은 금속과 반도체간의 반응으로 식각시 부분적으로 선택 비(selectivity)가 달라지는 것에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

【도면】

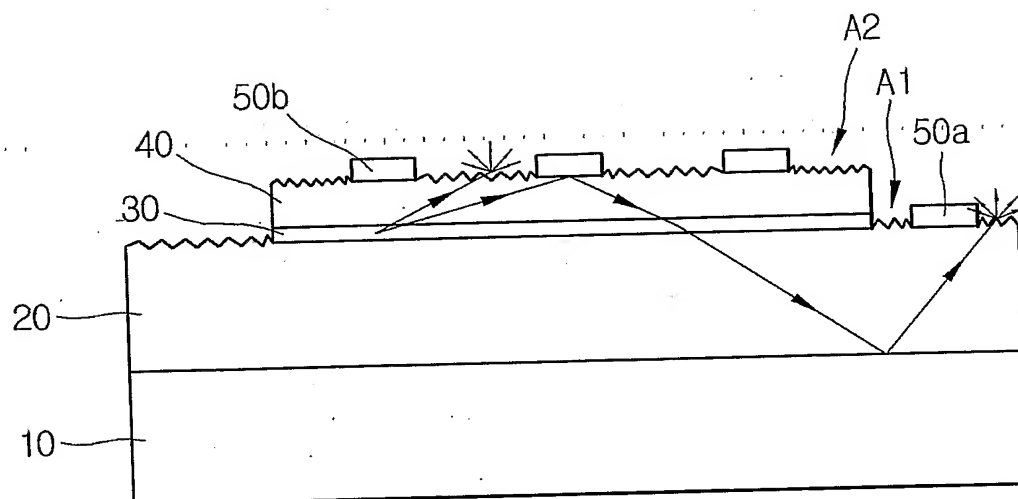
【도 1】



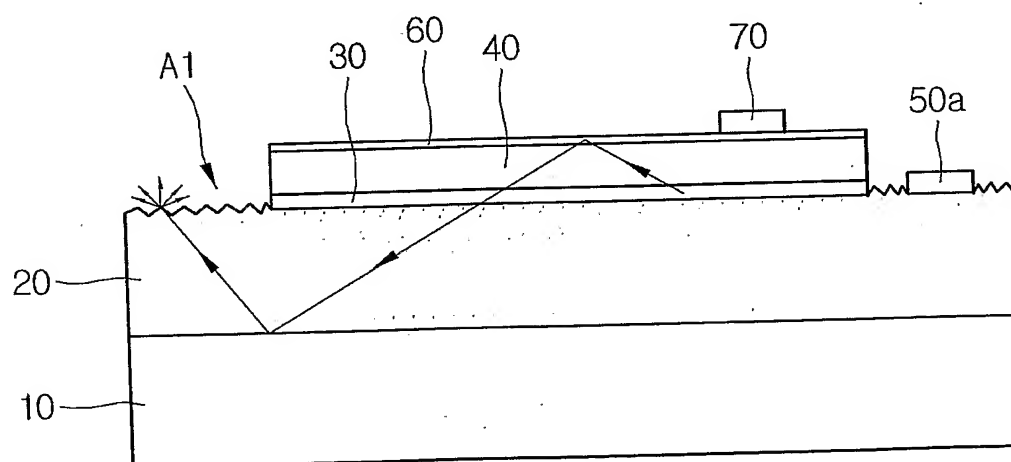
【도 2】



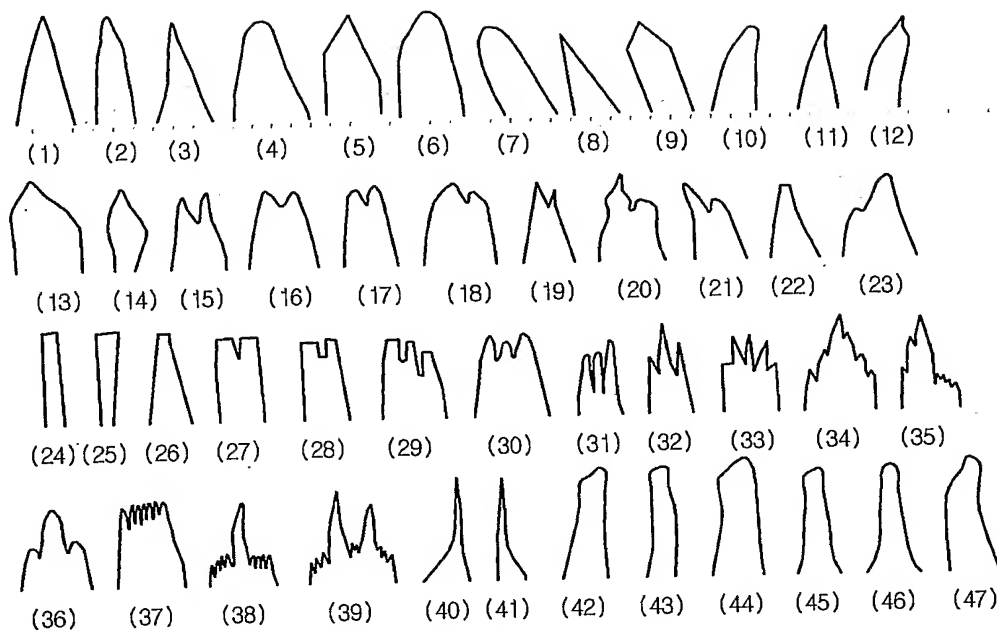
【도 3】



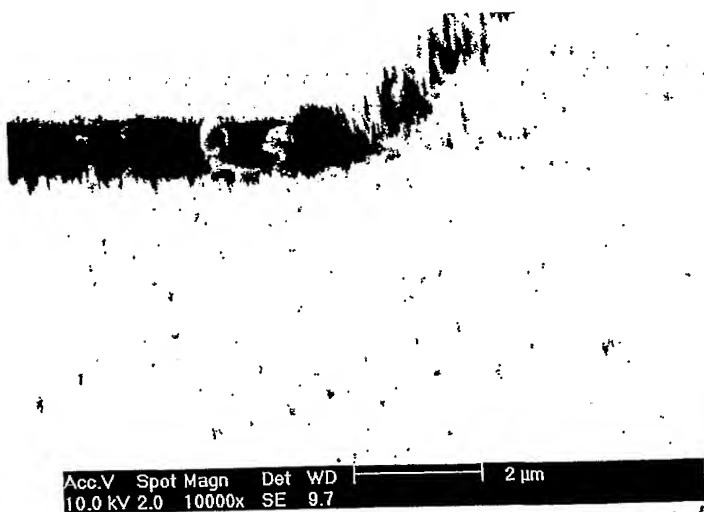
【도 4】



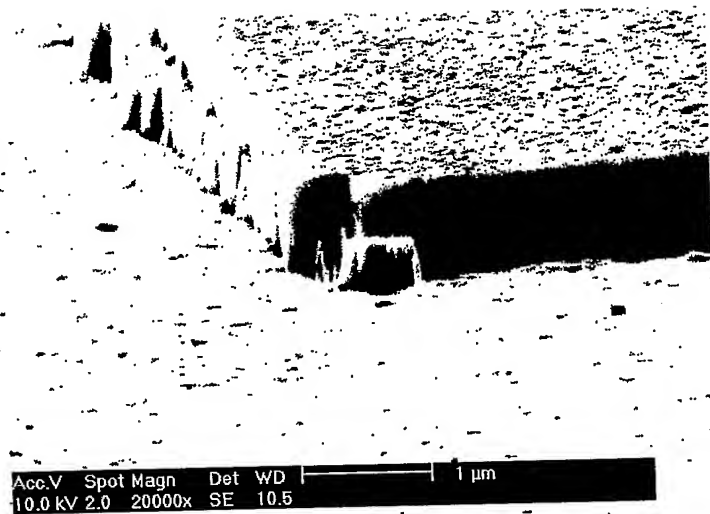
【도 5】



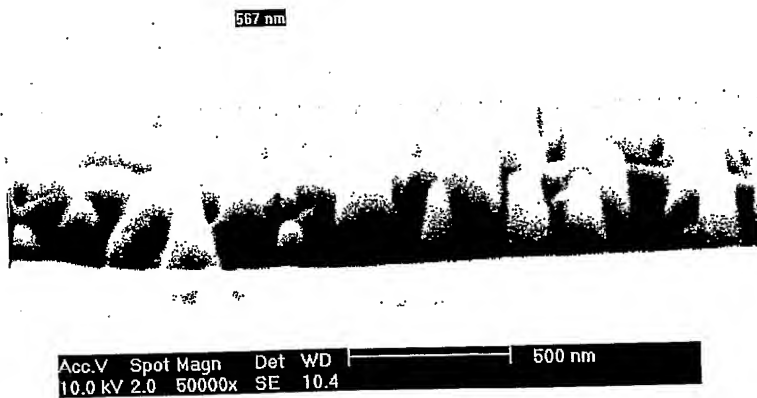
【도 6】



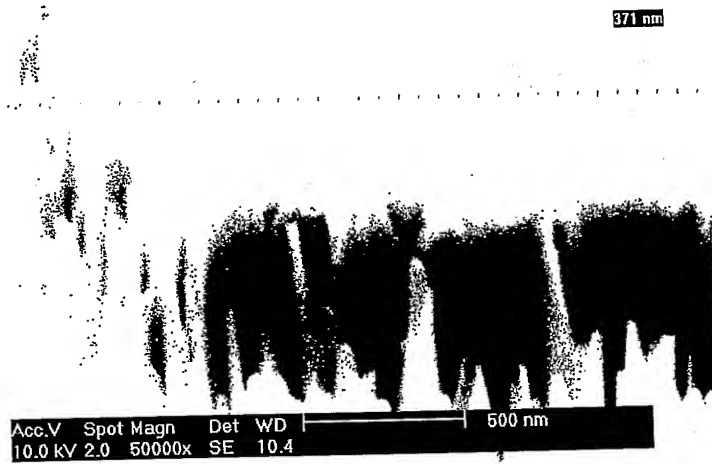
【도 7】



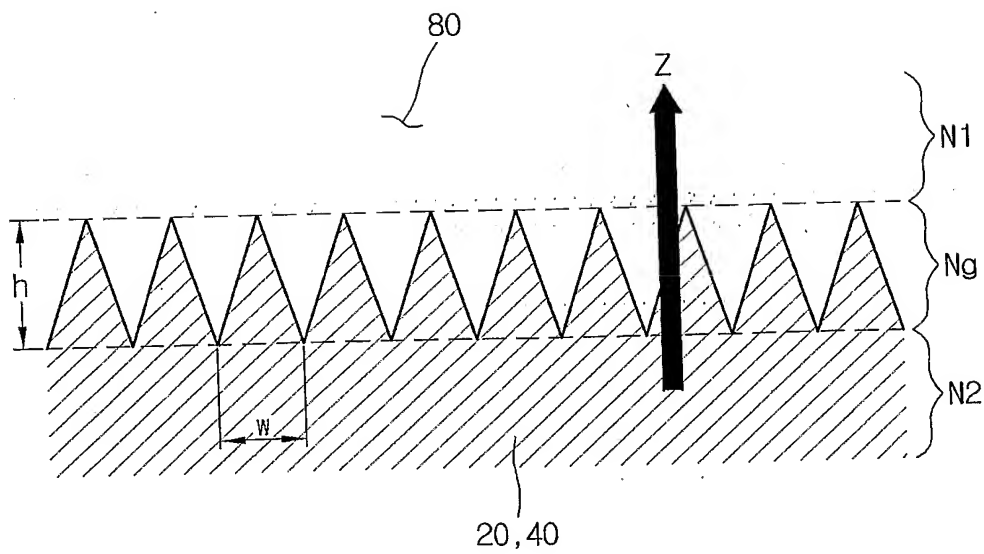
【도 8】



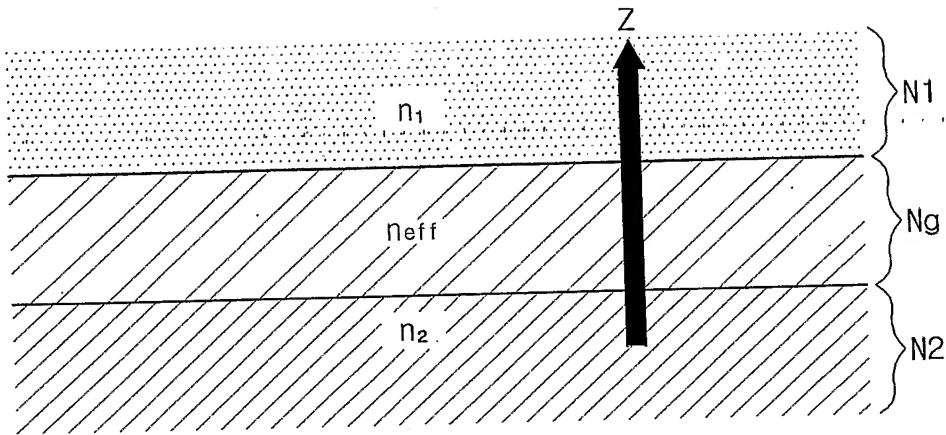
【도 9】



【도 10a】



【도 10b】



【도 11】

